

文章编号: 1001-1498(2008)03-0331-04

确定森林群落最小调查面积的方法

佟金权¹, 惠刚盈^{2*}, 赵中华², 周红敏²

(1. 国家林业局科技发展中心, 北京 100714; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要: 研究分析了来自中国、蒙古、缅甸、南非和德国的具有林木空间位置坐标和树种组成的试验地数据, 提出了利用模型和数学手段确定森林群落最小面积的新方法。通过从样地中心设立方形样方并按 10 m 的间隔逐渐扩大样地边长并统计树种数的方法获取种-面积数据, 并建立种-面积模型, 令模型二阶导数为零或近似为零 (1×10^{-6}) 来确定最小面积。研究还发现, 最小面积和最大树种数的关系可用半对数模型很好描述, 实践中可直接借助本研究所提出的模型用潜在的树种数来估计调查所需的最小面积。

关键词: 森林群落; 最小面积; 数学方法

中图分类号: S757

文献标识码: A

Method on Determining Minimum Survey Area of Forest Communities

TONG Jin-quan¹, HUI Gang-ying^{2*}, ZHAO Zhong-hua², ZHOU Hong-min²

(1. Science and Technology Development Center, State Forestry Administration, Beijing 100091; 2. Research Institute of Forestry, CAF;

Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The size of survey area is very important to properly express the characteristics of the forest communities. This paper studied on the research plot dataset which composed by tree spatial positions data and tree species composition from China, Mongolia, Myanmar, South Africa and Germany, a new approach on determining the forest communities' minimum survey area presented by model and mathematics method. By setting quadrat sample in the center of plot and then enlarging its edge length interval 10 m to get the data of species-area curve and establish the species-area model, the minimum survey area can be determined by making the value of second derivative model zero or approximate zero (1×10^{-6}). The study also found that the relationship of minimum area with maximum species can be well described by semi-logarithm and the model can be directly estimated the survey minimum area by using potential tree species quantity in practice.

Key words: forest communities; minimum survey area; mathematics method

森林的多样性主要体现在它的密度、种类组成、水平和垂直结构等方面^[1-3]。一个森林生态系统必然占据一定的面积, 在此面积上所有的种类不是杂乱无章的堆积而是有一定的种类组成, 并与其环境构成统一的整体。可见, 调查面积的大小对于恰当表现一定森林类型具有重要意义。在调查某个森林

群落时, 既不可能对整个森林群落地段进行全面统计, 也不可能只在一块很小的面积上进行调查用以代表整个群落的种类组成, 这就产生了一个研究群落种类组成时统计面积适当大小的问题, 欧洲大陆植被的最小面积概念就是针对这种需要提出来的^[4]。所谓最小面积就是能够充分体现群落组成的

收稿日期: 2007-12-20

基金项目: “十一五”林业科技支撑课题(2006BAD03A0803)

作者简介: 佟金权(1968—), 男, 辽宁朝阳人, 高级工程师。

* 通讯作者 (Corresponding Author)。

面积^[5]。通常采用“种-面积曲线”来确定^[6-8],即采用在群落地段的中央,逐步成倍扩大样方面积,统计随着面积扩大增加的种数,用种的数目与样方面积增加的关系,绘制出种-面积曲线。这种方法的主要争论点在于曲线变平缓的标准。新近还出现了用结构或密度等确定最小面积的方法^[9]。本研究试图从

数学的角度弥补经典的种-面积曲线方法的缺陷。

1 材料

分析所用的 5 块大样地资料分别来源于中国、蒙古、缅甸、南非和德国。这些数据包含所有林木的空间位置坐标和树种组成(表 1)。

表 1 试验样地的基本特征

试验地	地理坐标	面积 /m ²	起测径 /cm	样地内株数 /株	主要树种
南非科尼斯纳 (Knysna)	30 °S, 25 °E	11 850	10	845	柔软冬青木 (<i>Ilex mitis</i>)、大果木犀榄木 (<i>Olea macrocarpa</i>)、 <i>Canthium obovatum</i> 、水泡绿心樟 (<i>Ocotea bullata</i>)、 <i>Rapanea melanophloeos</i> 、 <i>Pterocelastrus tricuspidatus</i> 和镰形罗汉松 (<i>Podocarpus falcatus</i> R. Br.)
中国蛟河 (Jiahe)	44 N, 127 E	10 000	5	918	水曲柳 (<i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr.)、核桃楸 (<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.)、红松 (<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.)、沙冷杉 (<i>Abies holophylla</i> Maxim.)、白牛槭 (<i>Acer mandshurica</i> Maxim.)、裂叶榆 (<i>Ulmus laciniata</i> Mayr.)、紫椴 (<i>Tillia amurensis</i> Rupr.)、枫桦 (<i>Betula costata</i> Trautv.)等
德国布维登 (Bovenden)	52 N, 10 E	5 740	5	534	欧洲水青冈 (<i>Fagus sylvatica</i> L.)、欧亚槭 (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)、欧洲鹅耳枥 (<i>Carpinus betulus</i> L.)、栎树 (<i>Quercus suber</i> L.)、欧洲白蜡 (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)、榆树 (<i>Ulmus pumila</i> L.)、甜樱桃 (<i>Prunus avium</i> L.)等
蒙古桑斯泰 (Sangstai)	49 N, 107 E	2 500	7	135	西伯利亚冷杉 (<i>Abies sibirica</i> Ledeb.)、落叶松 (<i>Larix gmelini</i> (Rupr.) Rupr.)、西伯利亚云杉 (<i>Picea obovata</i> Ledeb.)、西伯利亚红松 (<i>Pinus sibirica</i> (Loud.) Mayr.)
缅甸斯尼瓦特 (Sinthwat)	19 N, 97 E	10 000	20	111	大果紫檀 (<i>Pterocarpus macrocarpus</i>)、 <i>Dalbergia oliveri</i> 、 <i>Mitragyna rotundifolia</i> 、黄杨木 (<i>Adina confertifolia</i>)、香须树 (<i>Albizia odoratissima</i> (L. f.) Benth.)、 <i>Cedrela multijuga</i> 、刀状黑黄檀 (<i>Dalbergia cultrate</i>)、 <i>Melanorrhoea usitata</i> 、柚木 (<i>Tectona grandis</i> Linn.)、木荚豆 (<i>Xylocopa xylocarpa</i>)、黑墨漆木 (<i>Melanorrhoea usitata</i>)、 <i>Pentace griffithii</i> 、 <i>Baccaurea sapida</i> 等

南非科尼斯纳植被为天然常绿阔叶林,是 Vireo20 大样地中的一部分^[10], Kempka 和 Gadow^[11] 对此试验区做了详细报道。中国蛟河隶属于吉林林业实验区管理局,该地植被类型为温带落叶混交林,属于自然保护区的一部分,惠刚盈等^[12]对此调查样地的林分做了进一步的研究。德国布维登林区 41 号林班为欧洲中部典型的以山毛榉 (*Fagus sylvatica* L.) 为主的针阔混交林^[13-14]。蒙古桑斯泰林区位于 Khentii 省的西部,在 Khonin Nuga 生态研究站的附近,邻近 Eruu 河并和蒙古北部 Khan Khentii 保护区接壤,该林分为泰加原始林^[15]。该区处于贝尔加湖流域,为冬冷夏热的温带大陆性气候,海拔为 1 500 m,距 Khonin Nuga 研究中心约 20 km。Sinthwat 林区位于缅甸 Paunglaung 流域的 Sinthwat 村附近,植被属热带落叶混交林^[16]。

10 m × 10 m, 20 m × 20 m, 30 m × 30 m, 40 m × 40 m, 45 m × 45 m, 50 m × 50 m, 55 m × 55 m, 60 m × 60 m, 70 m × 70 m, 80 m × 80 m, 90 m × 90 m (图 1) 依次进行树种计数。

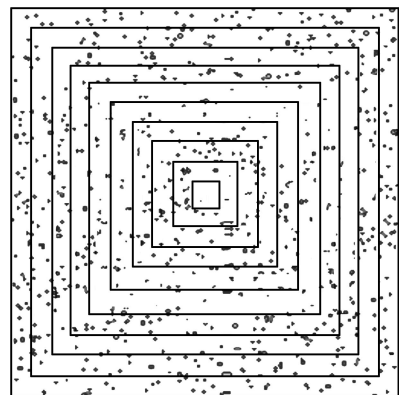


图 1 种-面积调查设计

2 研究方法

为确定最小面积,计算面积从样地中心开始按

用数学模型表征种-面积关系的研究很多, Arrhenius^[17]使用幂函数, Gleason^[18]使用指数模型,

Tjørve^[19]则使用复变函数。本文采用 Monod^[20]的模型。Monod模型形式为:

$$S = \frac{aA}{1 + bA} \quad (1)$$

式(1)中: a, b 为参数; S 为种数; A 为面积 (m^2)。

该模型具有如下特性:

(1) $A = 0$ 则 $S = 0$;

(2) S 随面积 A 增加, 趋于最大值即有渐近线趋势;

(3) $A \rightarrow \infty, S = a/b$ 。这意味着植物群落的最大种数可通过 a/b 来确定。

根据种 最小面积的定义, 即面积增加到一定程度时面积再增加植物种数也不会有实质性的增加。数学表达即为, 模型(1)的二阶导数 (S'') 为零 ($S'' = 0$) 或近似为零 (这里取值 1×10^{-6}) 时所对应的面积。

$$S'' = \frac{2ab}{(1 + bA)^3} \quad (2)$$

式(2)中: a, b 为参数, A 为面积。

3 结果与分析

表 2 展示了上述研究材料的种数与面积的关系。表 3 列举了利用表 2 的数据对模型 1 进行参数化的结果。

表 2 不同试验地种 面积关系

样地面积 / m^2	树种 种				
	缅甸斯尼 斯瓦特	南非科 尼斯纳	中国 蛟河	德国 布维登	蒙古 桑斯泰
100	2	2	3	3	2
400	3	6	8	3	3
900	10	9	11	4	4
1 600	14	16	13	5	4
2 500	19	18	15	6	4
3 600	26	20	17	6	
4 900	27	22	19	7	
6 400	28	22	19		
8 100	30	22	20		

表 3 不同试验地估计模型的参数、最大种数和最小面积

试验地	气候带	样地面积 / m^2	a	b	R^2	S_{max}	A_{min}
缅甸斯尼 斯瓦特	热带	10 000	0.016 059	0.000 428	0.976	38	3 261 (60 m \times 60 m)
南非科 尼斯纳	亚热带	11 850	0.019 740	0.000 748	0.977	26	2 795 (55 m \times 55 m)
中国蛟河	温带	10 000	0.025 969	0.001 202	0.980	22	2 468 (50 m \times 50 m)
德国布维登	温带	5 740	0.012 793	0.001 671	0.752	8	1 494 (40 m \times 40 m)
蒙古桑斯泰	寒温带	2 500	0.051 352	0.012 529	0.894	4	788 (30 m \times 30 m)

由表 3 可知: 种 面积关系可用 Monod 模型来表达, 各试验材料的相关指数均很高; 模型估计的最大种数表现为热带最大, 亚热带和温带次之, 寒温带最小, 这与树种多样性随气候带变化的特征相一致; 参数 b 越大, 最大种数 S_{max} 的值越小; 最小面积 A_{min} 随最大种数 S_{max} 的增加而增加 (图 2), 其关系可用如下模型进行恰当描述:

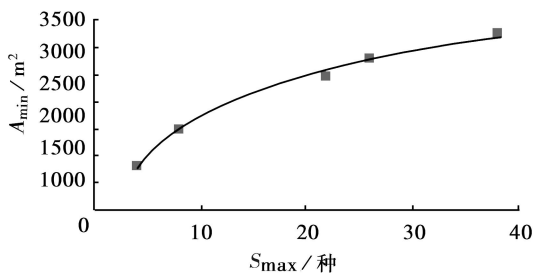


图 2 最大种数 (S_{max}) 和最小面积 (A_{min}) 的关系

$$A_{min} = a \times \ln(S_{max}) \quad (3)$$

式(3)中: $a = 502.4476; R^2 = 1.4425; R^2 = 0.997$ 相关指数高达 0.997, 这表明最小面积可以通

过最大种数直接来估计, 这对实践中快速确定调查面积具有非常重要的意义。

4 结论

(1) 种 最小面积与气候带有关。从热带经过温带到寒温带种 最小面积由大到小, 这也符合热带地区树种多样性的特点。

(2) 种 最小面积可以通过模型的途径进行确定, 即通过令模型二阶导数为零或近似为零 (1×10^{-6}) 来确定, 从而有效解决了如何定义种 面积曲线“达平缓时”的争议。

(3) 最小面积和最大种数的关系可用半对数模型很好的描述。实践中可直接借助本研究提出的模型用潜在的种数来确定调查面积。一个植物群落潜在的种数可凭植物或森林生态学家的经验很容易得到。

参考文献:

[1] v Gadow K. Waldstruktur und diversität[J]. Allgemeine Forst u Jagdzeitung, 1999, 170: 117 - 122

- [2] Pretsch H. Diversität und produktivität von Wäldern [J]. Allgemeine Forst u Jagdzeitung, 2003, 174 (5/6): 88 - 97
- [3] Tremp H. Aufnahme und analyse vegetationsökologischer Daten [J]. Ulmer-Verlag Stuttgart, 2005, 141
- [4] 宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001
- [5] Mueller D D. The forest habitat types of southeastern Manitoba and their application to forest management [J]. Canadian J of Botany, 1964, 42 (1): 417 - 444
- [6] Barkman J J. A Critical evaluation of minimum area concept [J]. Vegetatio, 1989, 85: 89 - 104
- [7] Lamprecht H. Silviculture in the Tropics [J]. TZ-Verlagsgesellschaft mbH Rossdorf, 1989: 296
- [8] Buys M H, Maritz J S, Boucher C. A model for species-area relationships in plant communities [J]. Journal of Vegetation Science, 1994, 5: 63 - 66
- [9] 惠刚盈, 克劳斯·冯佳多, 胡艳波, 等. 结构化森林经营 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2007
- [10] Lawes M J, Eeley H A C, Shackleton C M, *et al*. Indigenous Forests and Woodlands in South Africa [M]. Scottsville: University of Kwazulu-Natal Press, Scottsville, 2004: 863
- [11] Kempka C, v Gadow K. Eine strukturanalyse in naturwald von Knysna [J]. Forstarchiv, 1998, 69 (6): 235 - 239
- [12] 惠刚盈, 胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究 [J]. 林业科学研究, 2001, 14 (1): 177 - 181
- [13] Daume S. Durchforstungssimulation in einem Buchen-Edellaubholz Mischbestand [D]. Göttingen: Fakultät der Georg-August Universität Göttingen, 1995: 103S
- [14] Albert M. Analyse der eingriffsbedingten strukturveränderung und durchforstungsmodellierung in Mischbeständen [D]. Göttingen: Universität Göttingen Hainholz-Verlag, Band, 1999: 63 - 68
- [15] Dulamsuren C, Hauck M, Muehlenberg M. Vegetation at the taiga forest-steppe borderline in the western Khentij Mountains, northern Mongolia [J]. Annales Botanicae Fennici, 2005, 42: 411 - 426
- [16] Zin M T. Developing a scientific basis for sustainable management of tropical forest [D]. Göttingen: Universitaetsverlag Göttingen, 2005: 32 - 37
- [17] Arrhenius O. Species and area [J]. Journal of Ecology, 1921, 9: 95 - 99
- [18] Gleason H A. On the relation between species and area [J]. Ecology, 1922, 3: 158 - 162
- [19] Tjørve E. Shapes and functions of species-area curves: a review of possible models [J]. J Biogeog, 2003, 30: 827 - 835
- [20] Monod J. La technique de culture continue, theorie et applications [J]. Annales de l'Institut Pasteur, 1950, 79: 390 - 410